土壤與植物速測站之規劃配備與管理

林 家 棻

一、引 言

自從Liebig氏創議植物營養論以來，農業學者多從事土壤與植物化驗診斷作物需肥之研究，但從1850年至1920年間多無建樹，迨至1920年晚期，Bray、Hester、Morgan、Spurway與Truog諸氏創議土壤有效性營養素學說以來，土壤速測漸受重視，1940年後期更被公認爲判斷作物施肥重要工具之一，以土壤與植物測定推荐施肥，雖非十全十美，但就目前智識，捨此之外，尙無其他更具體之有效方法。

目前美國各州均有土壤速測站的設立，每年分析土壤樣本數百萬個，亦有若干商業性土壤速測站，其他如愛爾蘭、丹麥、荷蘭、蘇格蘭、英格蘭、德國、法國及印度等，亦有健全之土壤速測系統，最近台肥公司王中立氏考察荷蘭Oosterbeek土壤與植物速測所之報告中稱，該所自1927年成立以來，業務蒸蒸日上，目前每年分析樣本多達25萬餘件，採用電腦一貫作業，堪稱世界著名之農民服務機關之一。加拿大土壤速測包括添加土樣，抽取土壤溶液，以及測定溶液中之營養素亦均採用自動化一貫作業，據報告每星期每人可測定792個樣本，每一樣本測定項目包括pH，有機物，有效性磷鉀及鎂等5項。在美國Delaware、Maryland與New Jersey等州之土壤速測亦已採用自動化分析，二十年前，作者參觀美國各州之縣土壤速測站時，其設備多屬簡陋，遠不如本省區農改場目前所擁有者，可見土壤速測有其發展遠景。

本省各區農改場土壤肥料股附設速測室以來，已逾十年，設備研究均具基礎，爲發揮土壤速測功能，省農林廳決定自本年度開始接受農民樣本，免費化驗服務，此時討論速測站之規劃配備與管理，有欠實際，事實上，速測站之規模配備可大可小，視其業務需要發展遠景而定，難作定論，不過，十年前土壤肥料股成立之初，多屬因陋就簡，少有規劃，目前各區農改場多醞釀搬遷，報載政府決定實施第二次土地改革，擴大每戶農場面積，朝向工業化國家經營農業，預料土壤速測將更被重視。因此，不揣冒昧，謹抒管見，提供參考。

二、規 劃

速測站之工作性質係接受農民所送龐大之土壤／植物樣本，及時處理，化驗結果，儘速通知農民，并希望農民按照施肥推荐之後，可獲得最高利潤。爲配合工作有效的推展，需要的實驗室有化驗室包括天平室、儀器室、化學藥品室、貯存室、與土壤樣本乾燥室、土壤樣本製備室、植物樣本製備室、樣本貯存室、溫室、網室、辦公室、衞生設備以及安全措施等。

速測站的規劃常遇有二種情形，其一爲將舊實驗室或辦公室或其他建築物，予以修建，另一則屬闢地新建，前者多屬臨時措施，常難達到所需要求，後者雖可隨心所欲，但仍受法規、經費、場地等等的限制，因此，僅提若干原則說明如下：

(一)位置：以清靜、遠離畜舍、堆肥場，不易受汚染地區爲宜，除有足夠場地與建前述措施外，尙須考慮空間可容將來發展餘地。

(二)建築形式：採用多層式或平層式，多取決于經費與可用場地之面積。

(三)設計：一般可分爲兩類，其一將實驗室與辦公室均置于建築物之一邊，使光線直接射入走廊，另一爲將走廊置于中央，雙邊隔間成實驗室或辦公室，大實驗室多置于較深的一邊，兩邊辦公室或其他房間置于較淺的一邊（圖 1 ， 2 ），而將所有管道（如進排水管、通風裝置、壓縮空氣、抽氣等）置于靠走廊之實驗室牆壁內，萬一發生障礙，容易修繕。

1. 化驗室的大小：其寬度取決于實驗桌的種類與數目，實驗桌的方向多與玻璃窗成直角，

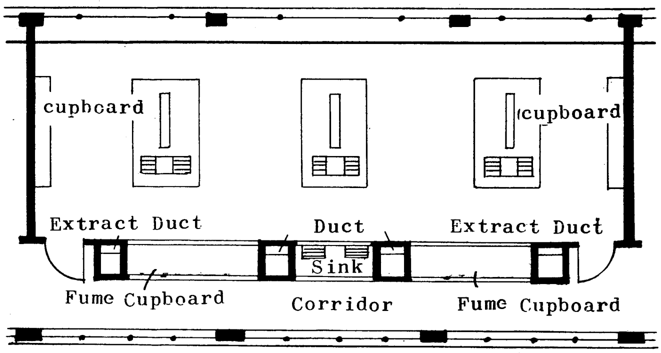


圖 1　一邊走廊之實驗室

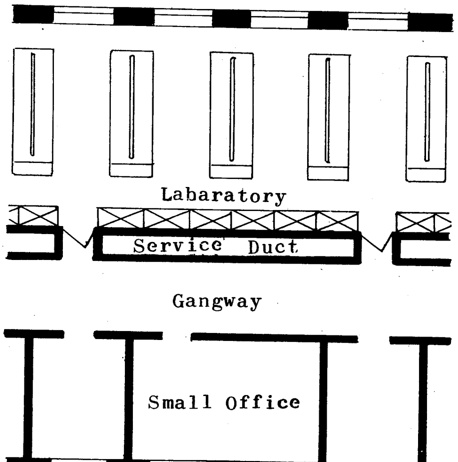


圖 2　中間走廊兩邊不同深度之實驗室與辦公室

單邊實驗桌寬度以不超過 80㎝爲原則，雙邊實驗桌以不超過 160 ㎝爲原則，實驗桌間走道以留置 1.4 ～ 1.9 m 爲宜，實驗桌的高度約爲 88 ㎝，每單位實驗室可從 3.0 ～ 3.5 m（圖 3 、4 、5 ），化驗室的深度則取決于實驗桌的長度，以及固定儀器所需要的空間，室內地面之天花板高度爲 3.25 ～ 3.50m，大而深的化驗室則宜增至 4 ～ 4.25m 。由單位實驗室的寬度可估計全建築

物所需要的長度。

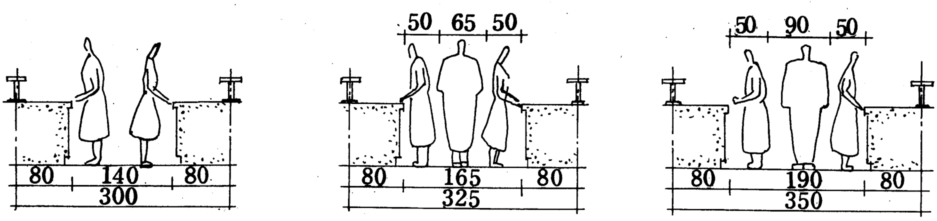


圖 3　實驗桌間之距離（cm）

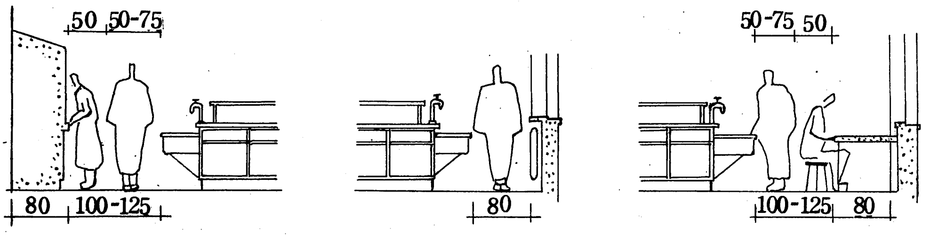


圖 4　實驗室內通道之寬度（cm）

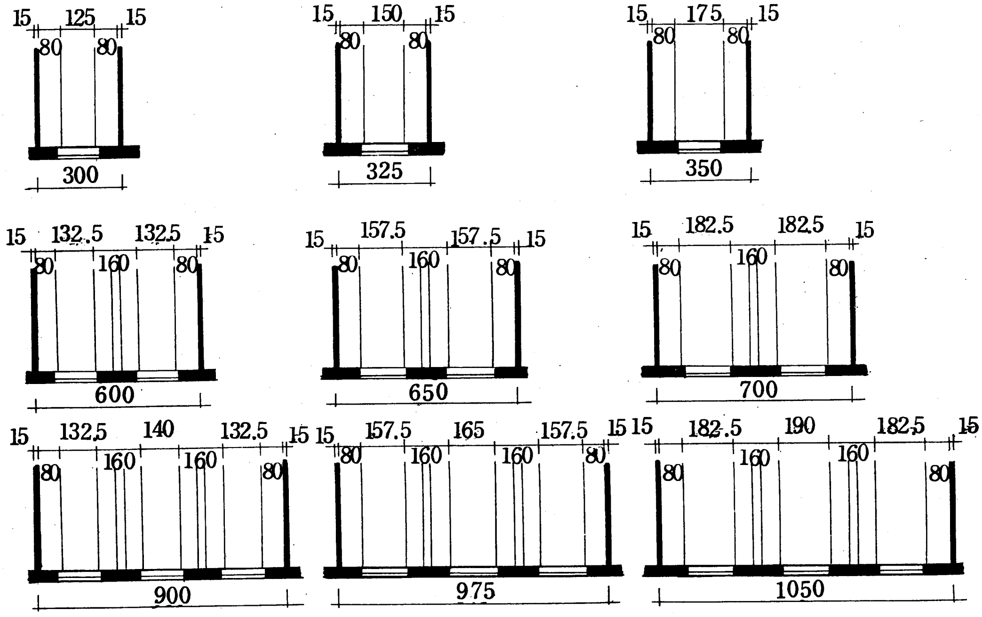


圖 5　實驗室之寬度（包括室、窗與通道），cm
比例尺　1／200

2.門窗的大小：門的寬度以不低于 1 m 爲原則，最好爲 1.10m，可使儀器或其他器具易于搬運，有時亦可用雙門，總寬度爲 1.20m，一邊門的寬度爲 0.9 m，另邊爲 0.30m，前者經常開啓使用，後者只在必要時開啓，門的開啓，多向走廊，萬一室內發生緊急事故，易於開啓。

室內工作需要品質良好的天然光線，玻璃窗的寬度應配合單位實驗室的大小，普通爲 1.50m，約爲單位實驗室寬度之半，窗的高度儘可能予以提高，使入射光線可達及實驗室的內牆壁，但基座窗檻

應離室內地面約 90㎝高，以便安置實驗桌，從玻璃窗入射光線抵達工作桌面之角度以不低于 27° 爲原則（圖 6 ），玻璃窗面積與室內平面面積之比約爲 1.4 或 1.5 ，目前本省多採滑動鋁門窗，窗的啓閉，不影響實驗桌的器具。

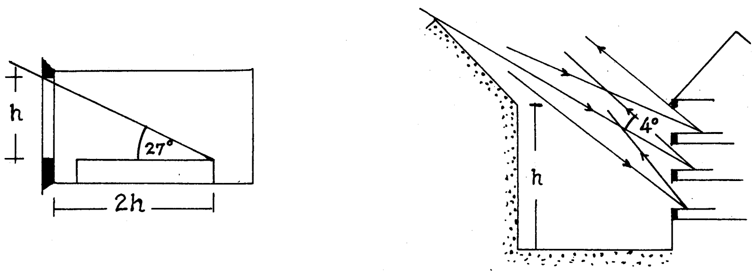


圖 6　入射光線之角度

3. 地面牆壁與天花板：一般實驗室地面的負荷不宜低于 500 kg/m² ，以 750kg/m² 爲宜。目前本省實驗室地面舖設的材料多爲地磚，水泥磨石子，或塑膠地板，各有利弊，尚難找出一種材料，符合各種情形需要者。隔間牆壁多屬磚造，外塗塑膠粉刷，若利用玻璃隔間，基座約須離地面 1.10 ～ 1.20 m，所用玻璃以半透明爲佳，以免日光灯反射。天花板上多舖設各種水平管道，須預留可移動部位，必要時，可進入修繕。

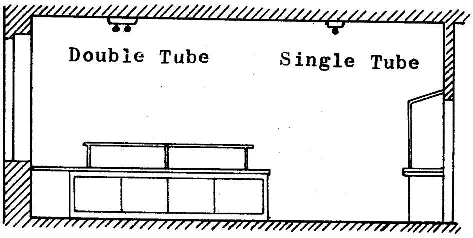
4. 走廊：若化驗室等之門開向走廊，則走廊寬度以 2.25 ～ 2.50 m 爲宜，否則多不超過 2 m ，過寬，終將導致放置器具，以致緊急時，阻塞通路。

5. 通風：化驗室內空氣常因高溫電爐、熱板、水浴鍋以及化學藥品等所散發的氣體而汚染，室內空氣需要經常更新，普通以每小時 6 ～ 15次爲宜。速測站的化驗室若設有 1 ～ 2 個良好的通風櫥及通氣罩，凡發生汚氣的工作均在通風櫥內進行，再加上門窗，可能不至發生通風問題，若設置中央空氣調節系統，則室內溫度與濕度均可控制，最爲理想，但安裝與維護費相當可觀。室內舒適之溫度與濕度如表一。

表一　舒適之溫度與濕度

室外溫度 ℃	20	24	28	32	35
舒適的室內溫度 ℃	20	22	24	26	27
相對濕度	75	65	57	50	45

6. 光度：光線的強度視工作性質而異，一般實驗室需要的光度爲 250 ～ 500 lux ，可請電氣工程師計算，設計時，最主要者爲光線照射必須均勻，不出現工作者在影中工作，爲使光線有日光效果，室內裝置多列日光灯時，靠窗近者應有較強的光度，遠者較弱。（圖 7 ）



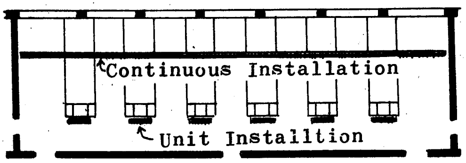


圖7　室內日光灯之排列

7.電：本省室內常用電源電壓爲110～115 V，但實驗室有時需要220 V電源，電力的分配應按照速測站中各室所須電力多寡，電源電壓種類，插座位置以及預期發展所需要的電力，提供有關工程師設計，一般聯接儀器的電源，應接地線，可裝于牆壁。

8.水：實驗室工作需要經常保持適當水壓（2～3 atm）的水源，若缺水季節，水壓降低時，應考慮裝設壓力抽水機，若屬多層建築，水源水壓僅敷基層需要時，則水道應予分開，高層者加設壓力抽水機。

9.其他：衞生設施除一般洗盥器外，應有淋浴裝置，水源開關可用脚踏式或手肘式，以備緊急時，易於開啓冲洗。其他如瓦斯、熱水、蒸餾水之供應，壓縮空氣，抽氣以及安全警報系統等措施，若採用中央系統裝置，則在籌劃時，均應一併加以設計。

綜上而言，速測站若屬新建，經選定位置後，按照地形大小與上述原則，配合工作上的需要，將各種室間分佈情形以及固定實驗桌、通風櫥、洗槽與預定安放儀器位置等，依照比例尺繪製平面草圖，逕請有關工程師予以設計，經數度修正協調之後，作成定案。

三　配　備

配備包括範圍甚大，有事務性的與業務性的，前者如打字機、計算機與複印機等等，後者如儀器與圖書刊物等等，今日科技發達，儀器構造設計，日新月異，本文僅敍述若干有關土壤速測與植物營養診斷之若干重要基本儀器，提供參考，其他從略。

(一)基本配備

1.化驗室：速測站化驗室係以化學檢定爲主，需要之設備有：通風櫥或分解櫥、冰箱、培養箱、水浴鍋、熱板、高溫電爐、蒸餾水裝置、去礦物水裝置、氮素分解裝置、蒸餾裝置、離心機、搖動機、攪拌器、pH 計、電導度計以及有關玻璃用具等。

2.天平室：宜設在安靜不受震動地區，不靠近分解櫥或高溫器具，宜向北，避免日光照射，使室溫變化少，室內用人工取光及通風，不開窗，天平台構造應平穩，不易潮濕。台上一定距離應預留電源插座。最少需要化學天平乙台及上皿天平乙台。

3.儀器室：本省氣候炎熱、濕度高，以及化學藥品散發的污氣，重要儀器放置在化驗室內易受侵襲損害，促短使用壽命，常用儀器如原子吸光儀、焰光儀、pH 計、比色計等宜集中安置于儀器室，桌枱必須堅實穩固，并預留若干電源以及排氣罩插座，進排水管、水槽以及壓縮空氣與真空抽氣管道，另安裝窗型冷氣機，保持室內一定溫度與濕度。

4.藥庫及玻璃儀器貯存室：速測站處理龐大樣本，化驗室之桌枱應經常保持整潔，非卽時應用之玻璃儀器及藥品宜有系統地存放于貯存室，有揮發性之酸鹼類藥品可分別置于有通風設備之分解櫥基座。

5.樣本貯存室：土壤或植物樣本經乾燥、粉碎、篩別裝罐，編號後，應有次序地安裝于架層上，植物樣本容易變質受害，罐蓋尤須緊密，樣本經化驗提出報告後，約須保留半年，以便中途發生問題，有所補救，半年以後，若樣本不具再利用價值者，則可予更新，讓出空間，放置新樣本。

6.研究室：提供工作人員辦公或研究之用，除一般事務性設備外，應有檔案櫃，貯存有關土壤速測與植物診斷資料，將來業務發展，資料多時，則應另立檔案室。

7.土樣乾燥室：土樣乾燥問題，仍衆說紛紛，但樣本乾燥後，處理容易，化驗結果重複性高，容易作相對之比較，目前仍多採用乾燥方法。室之大小，依目前情形以同時可乾燥 1 ～ 2 仟個土樣爲宜，如使空間有效利用，提高乾燥效率，宜設架層及通風去濕等設備。

8.樣本製備室：土壤與植物樣本乾燥後，化驗前，須先磨細，篩別，裝罐等手續，土壤比重大，肥料成分低，植物樣本則反是，樣本製備過程中，難免發生塵埃，引起汚染，兩者樣本裝備室宜隔開，室內均應有良好通風設備，可有效地將樣本製備過程中所產生的灰塵抽出。室內設備包括電氣烘乾箱（烘乾植物樣本），磨粉機、吸塵器以及不同孔徑之篩盤等。

㈡省時配備：土壤與植物速測，顧名思義，講求時效，化驗結果，力求精確，處理大量樣本，尤應避免因人爲疏忽，而發生錯誤，因此一切操作應予系統化，省時設備，多屬配合實驗室情形，有者可自行設計，種類繁多，茲提供數種作爲參考。

1.定量湯匙：在化驗過程中，除配製試藥，固體藥品必須用天平稱量外，稱量土壤樣本，費時甚多，而土壤速測結果之表示多採用公斤／公頃，或磅／英畝，其中蘊含有體積意義在內，因此若干國家土壤速測多採用量取土壤樣本之體積以取代重量，圖 8 示各種不同體積之塑膠製定量湯匙，量取土壤後，在把柄上敲打 3 ～ 4 次，除去空隙，然後用水平棒移去多餘土樣後，傾于其他容器中，目前本省僅在測定土壤 pH 時，採用之。

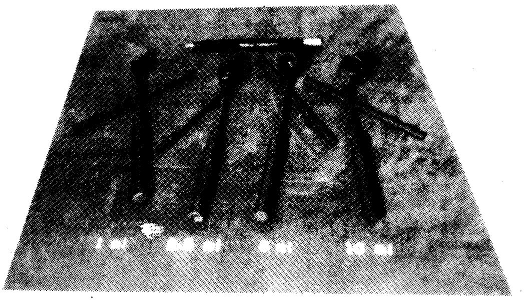


圖 8　各種定量湯匙

2.定距離瓶杯架：該架長 23 $\frac{5}{8}$ 吋，寬 2 $\frac{1}{2}$ 吋，厚度 2 吋，每架設 11孔，孔與孔之中心距離爲 2 吋，孔徑大小以安放 50ml 塑膠杯，或 50ml 三角瓶者爲適宜，孔內裝海棉或橡皮類材料，以便使用後倒置淋洗，瓶杯不至脫落（圖 9 ）

3.溶液定量添加器：土壤或植物速測經常需要添加一定容積之抽取液或試液，該儀器添加溶液的體積由針筒控制，溶液之吸取與添加則由卿筒活塞調節，勿須動力，溶液之容器可置于同桌面，大量溶液之容器亦可置于地面，添加 25ml 試液一次，約須 5 秒，添加 110 個樣本，共須10分鐘左右（圖 10）亦有利用電動操作者如圖 11 。

4.定時多頭攪拌器：抽取土壤中有效態養分時，添加試液後，常須加以搖動或攪拌，測定土壤pH

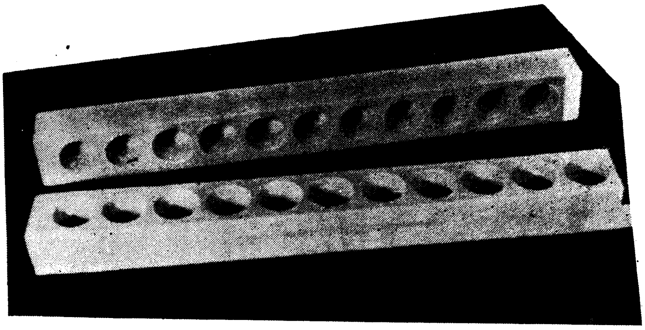


圖 9　定距離杯／瓶架

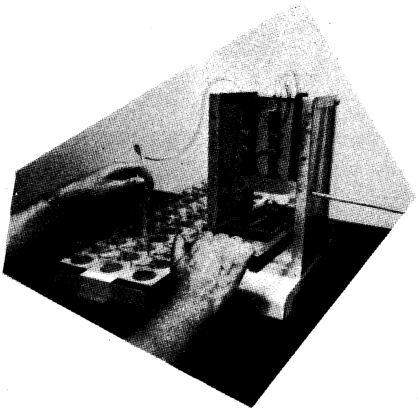


圖 10　手動定量添液機

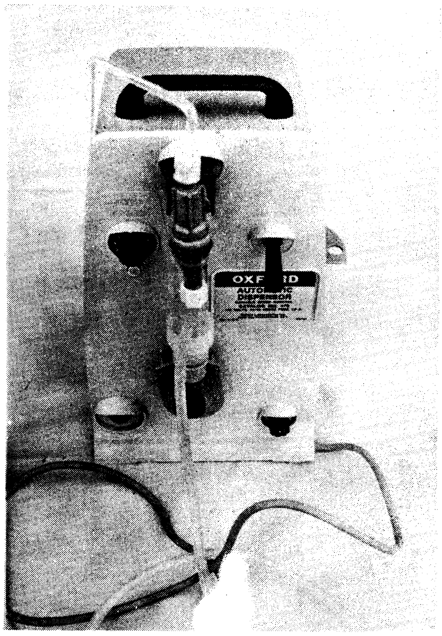


圖 11　電動定量添液機

時，亦須加攪拌，此攪拌器共有三列，每列有11支攪拌頭，棒與棒之中心距離爲 2 吋，同時可攪拌33個樣本，利用齒輪裝置，在一定時間內，每一攪拌棒之廻轉次數一致。利用 100 w及 100Volt 電源，附設三種變速器及 0～30分鐘定時器，最慢轉速爲 400 rpm。用後并有水流自動洗滌攪拌棒裝置（圖 12）。若用電動搖動機，配置定時開關，亦具同樣功效。（圖 13）

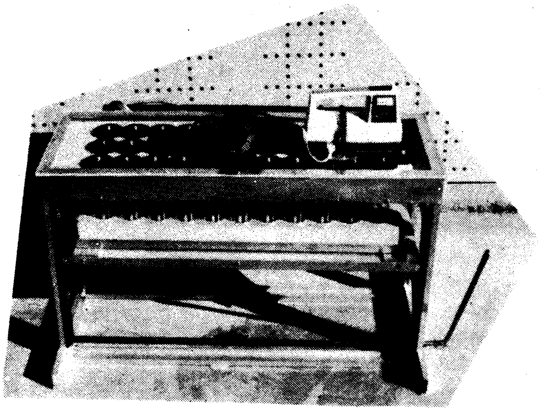


圖 12 可變速，電動定時攪拌器

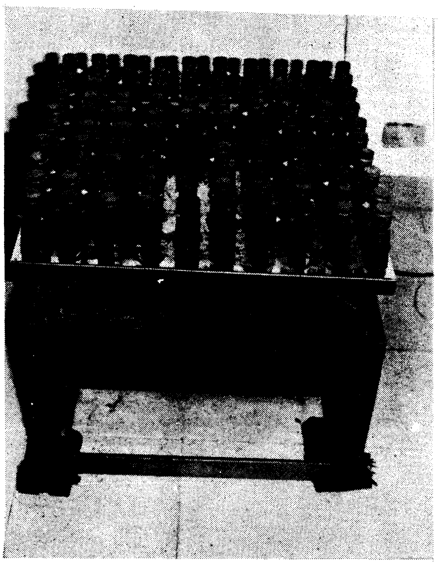


圖 13 電動震盪機

5. 過濾裝置：土壤中有效態養分經攪拌或搖動抽取後，往往需要過濾，濾架裝置之設計必須與前述定距離瓶架相配合，架長亦為 23 5/8 吋（圖 14）、寬 2 ½吋，每架板上設11孔，孔與孔之中心距離為 2 吋，孔徑之大小視帶有試管漏斗之管徑而定，架板可用兩層疊成，中襯齒狀橡皮，固定漏斗之管徑，使用後，倒置淋洗時，不至脫落。

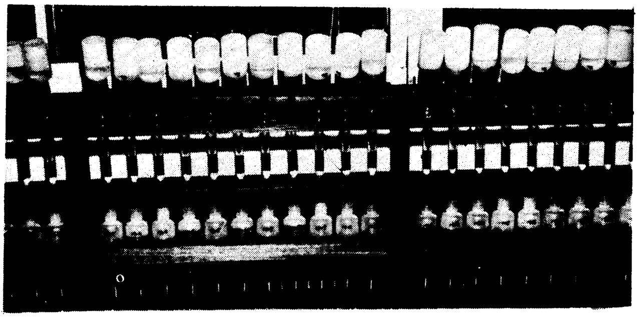


圖 14 過濾裝置

6. 實驗室推車：速測工作，往往同時處理大量樣本，雖然均在化驗室內進行，搬運仍屬難免，提

高效率宜置推車，其設計標準與前述杯瓶架之尺寸有關。圖15所示推車係屬不銹鋼製，每車設5層，每層可放置66個樣本，共計可安放330個，車底座附設滑輪，可自由旋轉，甚爲輕便，推車不但節省搬運時間，并可避免人爲錯誤，因推車所放置之樣本，均按照樣本號碼，順序排列。

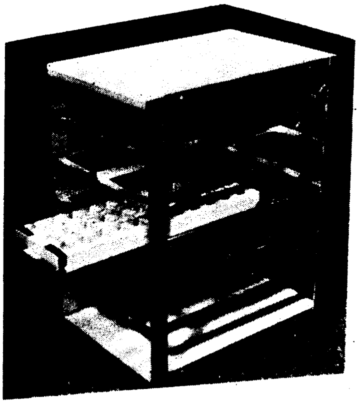


圖15 實驗室用滑輪推車

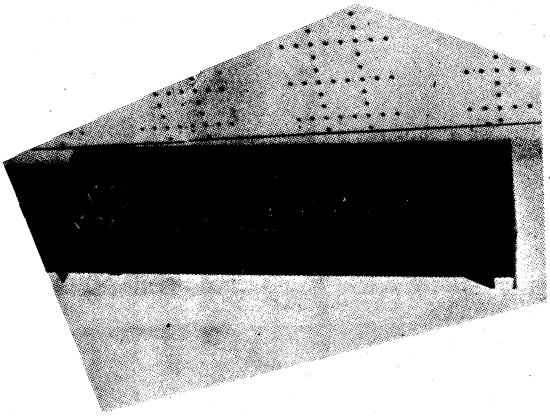


圖16 洗滌裝置

7. 洗滌裝置：一批樣本化驗終了，留置大量已使用之杯瓶，洗滌費時，圖16示洗滌器係由兩列PVC水管構成，一列接自來水龍頭，另列接一蒸餾水，每列有11個出水孔，其中心距離爲2吋，使用過之杯瓶或漏斗連架可倒置于各出水口，先用自來水冲洗，次移于另列，經蒸餾水冲洗後，倒置于推車架層上，任其淋乾，供再次使用。

四 管　　理

可分爲行政與業務兩方面，前者包括編制、人事與組織等，由于牽涉範圍太廣，暫且不談，玆僅將業務方面討論于次：

㈠重視採樣技術：室內化驗僅稱小量樣本，而其化驗結果所代表之面積則甚大，因此所採取之樣本必須具有代表性，否則室內化驗結果即使異常精確，仍無意義。一般農民對于採樣技術多不瞭解，若人力許可，速測站應派遣採樣熟悉人員爲農民服務或指導農民採樣，或由轄區農改場訓練若干地方幹部爲農民採取代表性樣本。

㈡細心處理樣本：樣本抵達後，必須立即拆封，先整理附送之資料表（附錄二及九），然後按照資料表校對樣本，必要時，并予編號，并立即給予適當處理，在處理過程中，應注意勿將樣本號碼弄錯，樣本資料表應儘量保持清潔，以便列入檔案，樣本點收清楚之後，應在資料表上加蓋簽收日期，及簽收負責人，以憑查攷。

㈢提高工作效率：目前土壤速測經常測定的項目爲pH、有機物、有效態磷鉀鈣鎂等6項，必要時，加測電導度，有效態矽及鋅。植物分析方面經常測定者爲氮磷鉀鈣鎂，必要時，加測微量要素，各種測定方法詳另文，玆不贅述，但此等化驗結果與施肥推荐報告表須在接到樣本後，在後作整地施肥種植前，抵達農民或有關指導人員手中，在本省複作情形之下，各項化驗工作尤應特別講求效率。

表 2　測定 110 個樣本所需要時間之估計（分鐘）

化驗操作	土壤經常測定項目所需要之時間（分）						植物經常測定所需要之時間（分）				
	pH	有機物	有效磷	有效鉀	有效鈣	有效鎂	氮	磷	鉀	鈣	鎂
樣本量取	30	60	60	60			60	60			
添加試藥或抽取液	10	30	10	10			15	15			
分解							90	50			
搖動或攪拌	10		5	15							
稀釋					15	15	15	15	15	15	15
過濾		15	15	15							
量取分解液或抽取液			35								
添加試藥			20				120	30			
保溫		24hr*					36hr*				
測定	60-120hr**	90	90	60	60	60	90	90	60	60	60
測定結果計算及登記	15	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
用具洗滌	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
合計	155-215	255	295	220	135	135	470	320	145	145	135

* 時間不予計算　　　　** 視 pH 計靈敏而定

表 2 示在熟練分析工作人員之下，每次測定 110 個樣本（其中10個為對照樣本）所需要的時間。其中土壤經常測定者有 6 項，共須 1255 分鐘，相當于 21 小時，植物經常測定者有 5 項，共費 1295 分鐘，相當21½小時，換言之，每一速測站若有熟練化驗人員 3 人，每日工作 7 ½小時，每星期分析 5 天，星期六半天供作儀器維護，配製試藥及室內清理之用，則每星期可化驗土壤或植物樣本 400～500 個。

速測站專責分析人員，由于處理樣本數目甚多，有時難免發生人為疏忽，如分析結果計算錯誤，或樣本號碼弄錯，以致影響施肥推荐，此等化驗記錄，必須裝訂成册，萬一差錯，以便查攷訂正。化驗結果必須細心記載，經過一定手續校對後，送交有關人員推荐施肥。

室內化驗，操作步驟一定，時間容易控制，而田間採樣與樣本處理費時較多，因此將來速測制度邁向軌道之後，通告農民送樣時間，應依地區、氣候、作物栽培時間，預作安排，利用傳播機構如廣播電台或電視台在農民節目時間，予以插播，以收時效。

(四)追踪推荐成果：利用植物或土壤分析結果推荐施肥，在本省尚屬初創時間，其成果如何？值得加以追踪與檢討。

1. 訪問調查：各區速測站在其轄區範圍內抽取若干送樣農民，（本年度計劃暫定為20%），進行實地訪問調查，瞭解農民對于推荐施肥的反應，若屬滿意，則其滿意原因安在？若屬不滿意，則不滿意原因安在？所得資料，均登記于資料表中，以供檢討。

2. 通訊調查：若屬短期性作物，施肥推荐之後，在該等作物將屆收穫時期，可利用通訊調查所有送樣農戶對于採用施肥推荐之反應，調查要點詳于"土壤／植物樣本資料與分析報告表"中，茲不贅述。

(五)建立資料檔案：土壤或植物樣本送至速測站，經化驗後推荐施肥，猶如病人至醫院，經醫師診斷配方，醫師診斷病症，除依賴病人口述及各項檢驗結果，尙須依據病歷記錄檔案配方，土壤與植物樣本，既未能口述其本身狀況，參攷資料記錄，推荐施肥，更屬重要。因此土壤／植物樣本資料與分析報告表必須妥爲保存并整理成檔案，以便隨時查攷改進施肥推荐。此等資料檔案并應列爲財產，不因人事變動而散失。

總之，管理之道在使速測業務蒸蒸日上，但單憑速測結果，推荐施肥，所受干擾因子仍多，因此除經常例行工作外，尙應加強研究，精益求精，使速測業務普受農民歡迎爲首要。深望同好者共勉之。

參 攷 資 料

1. 王中立　1978 考察服務農民的荷蘭奧斯特比克土壤速測及作物分析試驗所記　土壤肥料通訊 316 期 9 月號。
2. 李子純　1969 土壤速測室之配備與管理　台灣土壤肥力速測工作人員訓練班講義。
3. Bandel. V. A., C. K., Stottlemyer, L. J., Cotnoir, Flannery, R. L. 1969 Uniform automated soil testing methods for Delaware, Maryland, and New Jersey. Technicon International Congress 1969 Advanced in automated analysis Vol. 2:45-50.
4. Boucher, R. J., K. D., Luke, H. H., Wood, 1969 An automatic soil analyzer. Technicon International Congress 1969, Advances in Automated Anlysis Vol. 2:39-44.
5. Custom Laboratory Equipment Company. 1978 Equipment list. P. O. Box 757 or 205 E Michigan Ave. Orange City, Florida 32763, USA.
6. Melsted, S. W. 1967 The philosophy of soil testing. Soil Testing and Plant Analysis. Part I. Soil Testing. Soil Science Society of America, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
7. Schramm, W. 1965 Chemistry and Biology Laboratories Design, Construction-Equipment. Pergamon Press Ltd. Headington Hill Hall, Oxford, 4 & 5 Fitzrou Square, London W.1.
8. Tisdale, S. L., & W. L. Nelson, 1966 Soil Fertility and Fertilizers 2nd. Ed.